

BERLINGER EDINA–DARÓCZI GERGELY–
DÖMÖTÖR BARBARA–VADÁSZ TAMÁS

Pénzügyi hálózatok mag–periféria szerkezete

A magyar bankközi fedezetlen hitelek piaca, 2003–2012

Folytonos és aszimmetrikus mag–periféria modellt illesztünk a magyar bankközi fedezetlen hitelek piacának havi hálózataira 2003 és 2012 között. Meghatározzuk az egyes bankok magsági mutatóinak időbeli alakulását, és megvizsgáljuk, hogy mi a kapcsolat ezen mutatók és a bank nettó hitelpozíciója, kamatkülönbözete, illetve a banknak nyújtott hitelek kondíciói (hitelösszeg, kamatláb, futamidő) között. Azt kapjuk, hogy a hiteloldali magsági mutatók legszorosabban az implicit partnerlimitekkal korrelálnak. Tehát nem feltétlenül a nagy bankok vannak a magban, hanem inkább azok, amelyeket a többi szereplő a legkevésbé kockázatosnak ítél meg. Ez segítheti a szabályozót, hiszen ezek szerint a legfontosabb bankok valószínűleg egyben a legbiztonságosabbak is.*

Journal of Economic Literature (JEL) kód: G1, G2.

Bevezető

A pénzügyi piacok szabályozásában egyre inkább előtérbe került a rendszer egészének sérülékenysége. A korábban általánosnak tekinthető „mikroprudenciális”, vagyis az egyes pénzügyi intézményeket izoláltan kezelő tőkekövetelmény-szabályozás mellett megjelenő „makroprudenciális” megközelítés egyik fontos felismerése, hogy a bankok közreműködésével létrejövő kölcsönös üzleti kapcsolatok hálózati struktúrája szorosan összefügg a gazdaság egészének stabilitásával. Ezt a kapcsolatot számos empirikus és elméleti cikk (*Elliot és szerzőtársai* [2014], *Acemoglu és szerzőtársai* [2015]) vizsgálta, sokszor egymásnak ellentmondó eredménnyel. *Acemoglu és szerzőtársai* [2016] az ellentmondásokat azzal magyarázta, hogy a gazdasági teljesítmény szempontjából

* A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János ösztöndíjprogramja támogatta. Az anonim adatokat a Magyar Nemzeti Bank bocsátotta a rendelkezésünkre.

Berlinger Edina docens, Budapesti Corvinus Egyetem (e-mail: edina.berlinger@uni-corvinus.hu).

Daróczi Gergely PhD-hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem (e-mail: daroczig@rapporter.net).

Dömötör Barbara adjunktus, Budapesti Corvinus Egyetem (e-mail: barbara.domotor@uni-corvinus.hu).

Vadász Tamás PhD-hallgató, University of Warwick (e-mail: tamas.vadasz.14@mail.wbs.ac.uk).

A kézirat első változata 2017. június 25-én érkezett szerkesztőségünkbe.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18414/KSZ.2017.11.1160>

optimális hálózat attól függ, hogyan hatnak egymásra az egyes szereplők, illetve a gazdasági teljesítményt jellemző mutató milyen függvénye a szereplők állapotának. Bemutatták, hogy konkáv – vagyis a volatilitás értékromboló hatását tükröző – függvények esetén a heterogén szereplőkből álló hálózatok teljesítenek jobban.

Fontos kérdés az is, hogy a rendszer szereplői a gazdasági teljesítményre gyakorolt hatásukban különböznek-e egymástól, azaz léteznek-e olyan intézmények, amelyeknek biztonsága rendszerkockázati szempontból meghatározó. A Lehman-csőddel kirobbanó globális válság bizonyította, hogy a pénzügyi piacokon bizonyos intézmények kiemelt jelentőségűek, ezek összeomlása a pénzügyi rendszer egészének stabilitását veszélyezteti. A negatív externáliák megelőzése miatt szükséges a rendszerkockázati szempontból fontos pénzügyi intézmények azonosítása és kiemelt szabályozói kezelése.

A bázeli ajánlások (BCBS [2011], [2013]) szerint a rendszerkockázati szempontból fontos pénzügyi intézmények (*systemically important financial institutions, SIFI*) meghatározása során a legfontosabb szempont a méret, a helyettesíthetőség, a globális megjelenés, a komplex tevékenység, valamint az összekapcsoltság. Ez utóbbi jellemző számszerűsítése kifejezetten a pénzügyi rendszer hálózatának elemzésén alapul.

Az egyes bankok hálózatban betöltött szerepét többféleképpen lehet vizsgálni: klasszikus hálózati mutatószámokkal (fokszám, közöttség, közelség stb. – lásd például Komárková és szerzőtársai [2011]) vagy ezeken alapuló egyéb centralitásmutatókkal (Acemoglu és szerzőtársai [2015], Alter és szerzőtársai [2015], Fukker [2017]), illetve stresszelemzéssel (Lublóy [2005], Csóka–Kiss [2015]) vagy mag-periféria modellek illesztésével (Craig–von Peter [2014], Fricke–Lux [2015]). Ebben a cikkben mi az utóbbi módszert alkalmazzuk a magyar bankközi fedezetlen forinthitelek piacára 2003 januárja és 2012 januárja között.

A tapasztalatok szerint a bankközi piacok hálózata ritka, alacsony klaszterezettségű, és a fokszámok hatványeloszlást követnek,¹ azaz a hálózat skálafüggetlen (*scale free*) (Fricke–Lux [2015], Fukker [2017]). A pénzügyi hálózatok általában kisvilágjellegűek is, ami azt jelenti, hogy két véletlenszerűen kiválasztott szereplő között a várható távolság (a legrövidebb út hossza) logaritmikusan vagy annál kisebb ütemben nő a hálózat méretének növekedésével, azaz nagy hálózatokban még akkor is viszonylag rövid úton eljuthatunk az egyik pontból a másikba, ha a hálózat sűrűsége alacsony. Skálafüggetlen kisvilágra jó példa a Barabási–Albert-hálózat, amely úgy jön létre, hogy a hálózat folyamatosan növekszik, és az új pontok nagyobb valószínűséggel csatlakoznak a nagyobb fokszámú pontokhoz (preferenciális kapcsolódás) (Barabási–Albert [1999]).

Viszonylag új megfigyelés, hogy a pénzügyi hálózatokra jellemző, hogy létezik egy sűrűn összekapcsolt központi mag (*core*), amelyen belül mindenki mindenkivel szívesen kereskedik, és egy ritka periféria (*periphery*), ahol a bankok nem adnak hitelt egymásnak közvetlenül, csak a magbeli bankokon keresztül, amelyek ily módon a „közvetítők közvetítőjeként” működnek. Ez a jelenség így egy speciális hierarchikus struktúrát hoz létre, ahol a magbeli bankok tekinthetők a rendszerkockázat szempontjából fontos pénzügyi intézményeknek (Craig–von Peter [2014], Fricke–Lux [2015]).

¹ Az empirikus kutatások szerint a hatványeloszlás kitevője többnyire -2 és -3 között van.

Ebben a cikkben egyrészt a legfrissebb kutatási eredmények alapján bemutatjuk a mag–periféria modellek pénzügyi alkalmazásának elméleti és empirikus hátterét. Másrészt alkalmazzuk a módszertant a hazai fedezetlen, forintban megkötött ügyletek bankközi piacának havi hálózataira, és ezen a szemüvegen keresztül jellemezzük a bankközi piac struktúráját és annak időbeli változásait. Mivel anonim adataink vannak, azaz a bankok nem azonosíthatók, a piac általános szerkezetének leírására törekszünk. Bemutatjuk a mintázatokat és a folyamatokat, de kiegészítő információ híján nem tudjuk teljeskörűen feltárni, hogy milyen okok állnak a megfigyelt jelenségek mögött. Fontos eredményünk azonban az, hogy a hitelfelvétel-oldali magsági mutató feltűnően szorosan korrelál az implicit partnerlimitekkel, így ezek tűnnek a legerősebb struktúraalakító tényezőnek. Más, a kereskedési pozíciót meghatározó vagy jellemző mutatókkal (például nettó hitelpozíció, kamatkülönbözet, átlagos hitelösszeg, futamidő stb.) közel sem ennyire szoros a kapcsolat. A szakirodalom a mérethatást hangsúlyozza a magbeliség magyarázatakor, a mi eredményeink azonban arra engednek következtetni, hogy a megbízhatóság még ennél is fontosabb.

A következőkben először összefoglaljuk, hogy miképpen ismerhető fel a hierarchia a hálózatokban, és rögtön meg is mutatjuk, hogy a vizsgált piacon felfedezhető a hierarchikus megosztottság, ami arra utal, hogy az egyes bankok különböző feladatokra specializálódnak, például különböző mértékben végeznek közvetítői tevékenységet. Ez az eredmény a kiindulópontja a mag–periféria modell alkalmazásának. Ezt követően bemutatjuk a mag–periféria modellek elméleti és módszertani alapjait, majd összefoglaljuk a legfrissebb pénzügyi hálózatokhoz kapcsolódó empirikus kutatások eredményeit, és a magyar piacra illesztünk folytonos és aszimmetrikus mag–periféria modellt. Elemezzük az egyes bankok magsági mutatóinak időbeli alakulását, és megvizsgáljuk ezek kapcsolatát más fontos, a bank pozícióját jellemző mutatókkal. Végül összefoglaljuk következtetéseinket.

Hierarchia a hálózatokban

A mag–periféria hálózatokban tehát egyfajta hierarchikus modularitás fedezhető fel, azaz az egyes szereplők különböző szintű feladatokra specializálódnak. Hierarchikus struktúrákban a foksámok ugyanúgy hatványeloszlást követhetnek, mint például a Barabási–Albert-hálózatban, de a klaszterezettségi (vagy csomósodási) együtttható (C) nem konstans, hanem az (1) képlet szerint függ a foksámtól (k) (Ravasz–Barabási [2003], Barabási–Oltvai [2004]):

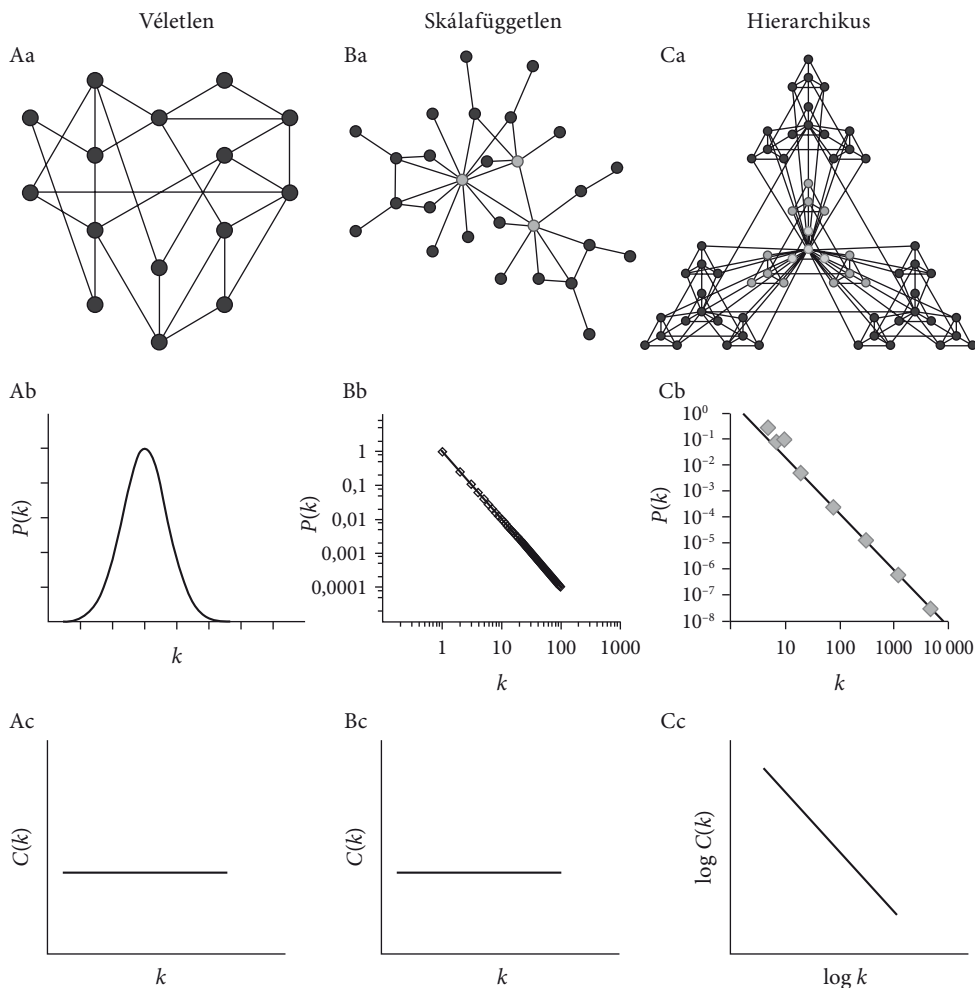
$$C(k) \sim k^\alpha, \quad (1)$$

ahol $\alpha = -1$. Egy hálózat i -edik pontjának klaszterezettségi együttthatója azt mutatja, hogy a szomszédos pontok milyen sűrűn kapcsolódnak egymáshoz. Értéke 0 és 1 között lehet, ha 0, akkor egyik szomszédja sem kapcsolódik a másikkal, ha 1, akkor a szomszédságában mindenki kapcsolódik mindenkihez (Barabási [2016] 80. o.). Az (1) egyenlet mögött az az intuíció, hogy hierarchikus hálózatokban a magasabb foksámú csomópontoknak kisebb a klaszterezettségi együttthatója, mivel ők több, egymással közvetlen kapcsolatban nem álló közösséget

kötnek össze (Barabási [2016]). Az 1. ábra mutatja, hogy míg a skálafüggetlen hálózatokat a fokszámoszlás hatványjellege különbözteti meg az Erdős–Rényi [1960] véletlen hálózattól, addig a hierarchikus (például mag–periféria) hálózatokat a klaszterezettségi együttható k -beli csökkenése különbözteti meg a másik két „demokratikus” vagy más néven „lapos” (*flat*) hálózattól.

1. ábra

Erdős–Rényi-, Barabási–Albert- és hierarchikus hálózatok



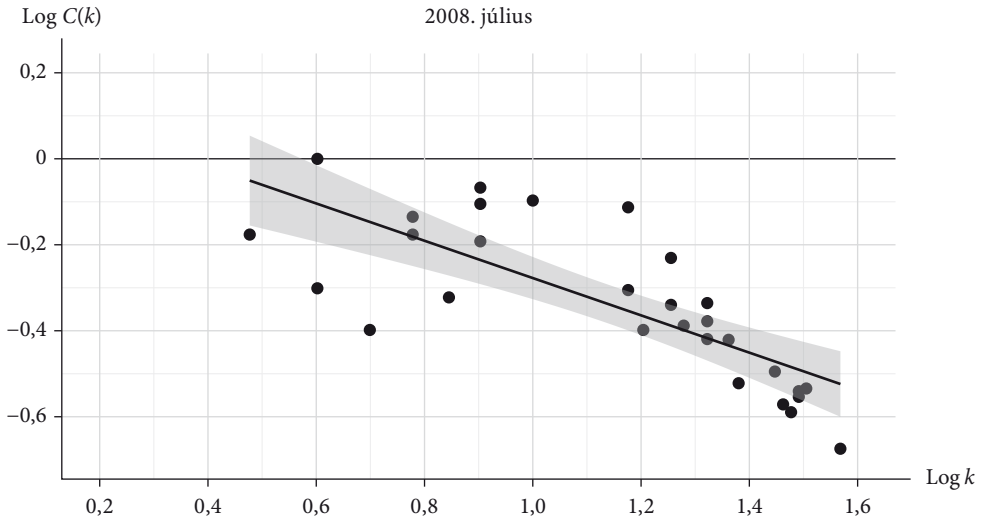
Megjegyzés: a felső sor a hálózatok gráfját, a középső sor a hálózatra jellemző fokszámoszlást [$P(k)$], az alsó sor pedig a klaszterezettségi együttható fokszámtól való függését [$C(k)$] mutatja.
Forrás: Barabási–Oltvai [2004] Box2.

A magyar bankközi fedezetlen forinthitelek piacának skálafüggetlenségét Fukker [2017] is bemutatta. Mi megvizsgáltuk a klaszterezettségi együttható és a foksám közötti kapcsolatot, s az valóban negatívnak bizonyult a Lehman-válság előtt (2. ábra)

és után (3. ábra) is (havi szinten aggregált hálózatokat vizsgálva), ami stabil hierarchikus szerkezetre utal. Az (1) képletben szereplő α , azaz a pontokra illeszkedő egyenes meredeksége 2008 júliusában 0 és -1 között volt, majd a válság hatására közelebb került a -1 -hez, vagyis a hierarchia nőtt.

2. ábra

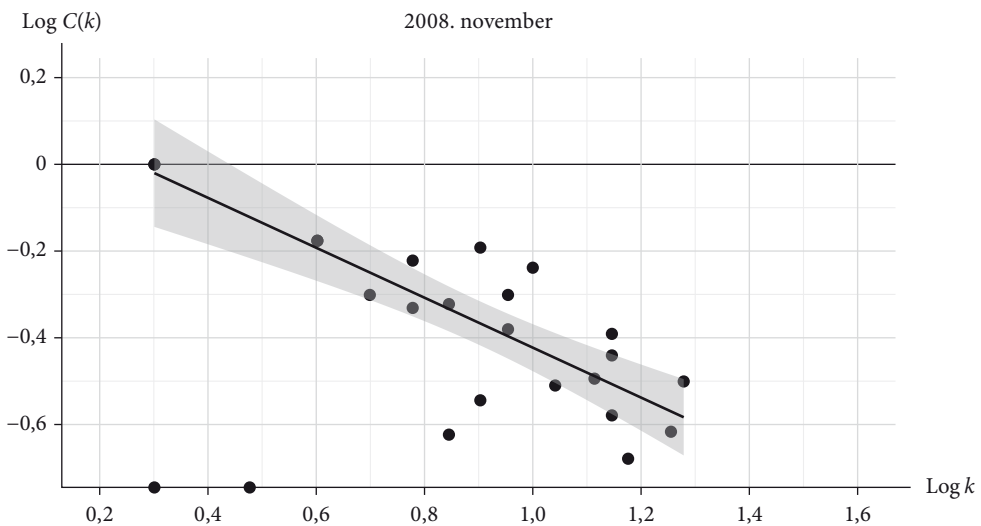
Klaszterezettség a foksám függvényében a magyar bankközi piacon a Lehman-válság előtt



Forrás: saját szerkesztés.

3. ábra

Klaszterezettség a foksám függvényében a magyar bankközi piacon a Lehman-válság után



Forrás: saját szerkesztés.

Minél meredekebb a klaszterezettségi együtttható és a foksám közötti kapcsolatot mutató egyenes, annál inkább igaz az, hogy a nagy foksámú pontok olyan szereplőket kötnek össze, amelyek egyébként nincsenek kapcsolatban egymással. Tehát minél negatívabb az α , annál inkább hierarchikus feladatmegosztás van a hálózatban, és a központban lévő bankok közvetítői szerepet töltenek be.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a magyar bankközi piacon is megfigyelhető a hierarchikus szerkezet, ami alátámasztja a mag-periféria modell alkalmazását. Megjegyezzük, hogy *Barabási* [2016] (353. és 381. o.), valamint *Ravasz–Barabási* [2003] tíz különböző, nem pénzügyi hálózatot elemezve, arra jutottak, hogy (az áramhálózatot leszámítva) a C klaszterezettségi mutató valóban csökkenő tendenciát jelez a k -ban.²

Mag-periféria modellek

A bankközi piaci hálózatokban N véges számú bank alkotja a csomópontokat (csúcsokat, pontokat), melyeket a közöttük létrejött tranzakciók vagy kitettségek mint élek kötnek össze. A hálózatot reprezentáló gráfot mátrixformában is megadhatjuk:

- T tranzakciós mátrix ($N \times N$, irányított, súlyozott), ahol $t_{i,j}$ az összes új hitel összege i -től j felé;
- C hitelkitettségi mátrix ($N \times N$, irányított, súlyozott), ahol $c_{i,j}$ a teljes kitettség összege i -től j felé;
- A kapcsolati mátrix ($N \times N$, irányított, nem súlyozott), ahol $a_{i,j}$ értéke 1, ha van kapcsolat i -től j felé, egyébként 0.

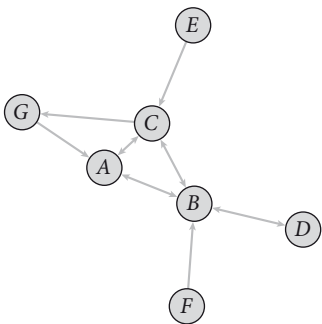
A hálózatot és így a mátrixot nyilvánvalóan az is meghatározza, hogy milyen időtávon aggregáljuk az adatokat. A napi, heti pénzügyi hálózatok általában ritkák és szétesők, ezért a szakirodalomban többnyire havi vagy még inkább negyedéves aggregált adatokkal dolgoznak. Az aggregálási időszak megválasztása komoly modellezési dilemma, hiszen a hosszabb időszak nagyobb stabilitást ad ugyan, de egyúttal információvesztéssel is jár.

Egy tökéletes mag-periféria modellben a hálózat csomópontjait két diszjunkt halmazra oszthatjuk: a magra, ahol az egyes csomópontok teljeskörűen kapcsolódnak egymáshoz, valamint a perifériára, ahol az egyes elemek egyáltalán nem állnak összeköttetésben (*Borgatti–Everett* [2000]). A 4. ábrán az A , B és C bankok tartoznak a maghoz, a többi bank pedig a perifériához. A kapcsolati mátrix mag-mag részében (az átló kivételével) csupa 1-esek, míg a periféria-periféria részben csak 0-k szerepelnek. A mag-periféria és a periféria-mag almátrixok tartalmára *Borgatti–Everett* [2000] nem tett megkötést.³

² A tudományos együttműködés, az anyagcsere és az idézések esetén az $\alpha = -1$ összefüggés viszonylag pontosan teljesült, míg az internet, a mobilhívások, az emailek, a fehérje-kölcsönhatások, a színszések és a web esetében a k kitevője valamely más, -2 és 0 közötti értéket vett fel.

³ Más szerzők speciális megkötéseket alkalmaznak a mag-periféria kapcsolatok esetében is, például annak érdekében, hogy a hálózat ne legyen széteső (*Craig-von Peter* [2014], *Fricke–Lux* [2015]).

4. ábra
Tökéletes mag-periféria struktúra (illusztráció)

| Hálózat gráfja | | Kapcsolati mátrix | | | | | | | |
|---|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|--|
|  | | A | B | C | D | E | F | G | |
| | | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Forrás: saját szerkesztés.

Mindezek alapján világos, hogy a mag-periféria hálózatok struktúrája valóban hierarchikus, azaz tényleg negatív kapcsolat áll fenn a foksám és a klaszterezettség között. Például a *B* magbeli bank fokszáma magas, szomszédjai (*A*, *C*, *F* és *D*) azonban alig kereskednek egymással, ezért a klaszterezettségi együttthatójuk alacsony. A periférián lévő *G* bank csak magbeli bankokkal (*A*, *C*) áll kapcsolatban, fokszáma tehát alacsony, de a klaszterezettségi együttthatója maximális, hiszen az *A* és *C* magbeli bankok intenzíven kereskednek egymással.

A mag-periféria modell alkalmazása

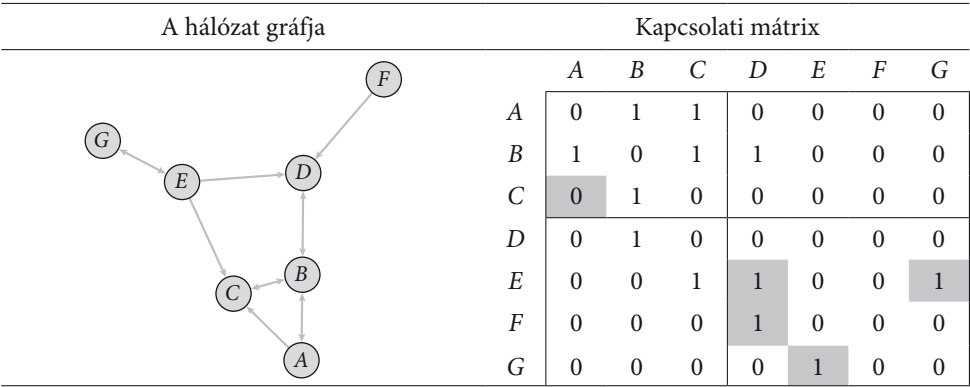
A valóságos hálózatokban a mag-periféria struktúra messze nem tökéletes. Például az 5. ábrán néhány nyilat a 4. ábrához képest átrendeztünk. Ha továbbra is az *A*, *B* és *C* bankokat tekintjük magbelinek, akkor hiányzik a $C \rightarrow A$ kapcsolat a magban, ráadásul túl sok a kapcsolat a periférián. Hibának nevezzük, ha a valós kapcsolati mátrix eltér az elméletitől, ezeket szürke háttérrel jelöltük (ez esetben összesen 5 hibapont). Egyáltalán nem biztos azonban, hogy ragaszkodnunk kell ahhoz, hogy továbbra is az *A*, *B* és *C* bankok alkotják a hálózat magját.

A mag-periféria modellek alkalmazása során éppen az a feladat, hogy úgy osszuk fel a bankokat magra és perifériára, hogy a hibapontok száma minimális legyen. Ez egy NP-nehéz probléma,⁴ melynek közelítésére *Borgatti–Everett* [2000], illetve *Fricke–Lux* [2015] genetikus, *Craig–von Peter* [2014] egy speciális szekvenciális kereső, *Banai–Illés* [2015] pedig a maximális klikk meghatározásán alapuló algoritmust mutatott be.

Írányítatlan (szimmetrikus) gráfok esetén *Lip* [2011] az alábbi egyszerű algoritmust javasolta a mag meghatározására.

⁴ NP = nem determinisztikus polinomidejű: nincs hatékony (polinomidejű) módszer az optimális kettéosztás megtalálására. Ezért a közelítően optimális felosztást kell megtalálni.

5. ábra
Nem tökéletes mag-periféria struktúra (illusztráció)



Forrás: saját szerkesztés.

1. Állítsuk a csomópontokat fokszám szerint csökkenő sorrendbe (k_i az i -edik bank fokszáma).
2. Számítsuk ki a gráf összes élének számát: $Z_0 = \sum_i k_i / 2$. Ez egyúttal a hibapontok száma, ha mindegyik bankot perifériának tekintjük.
3. Vonjuk be a magba először a legnagyobb fokszámú pontot, ekkor a hibapontok száma $Z_1 = Z_0 - k_1$ -re csökken.
4. Folytassuk ugyanígy! Az i -edik bank bevonása után a következő képlet adja meg a hibapontok számát: $Z_i = Z_{i-1} + (i - 1) - k_i$.
5. Utoljára azt az i -edik bankot vonjuk be a magba, amelyre a Z_i hibapont minimális.

Ha az 5. ábrán szereplő hálózatot irányítatlan gráfnak képzeljük el, ahol két pont között akkor van kapcsolat, ha legalább egyik irányba mutat nyíl, akkor a fenti algoritmus szerint a minimális hibapont 2, de ezt többféleképpen is el lehet érni: úgy is, ha a B , C , D és E bankokat választjuk a magba, és úgy is, ha csak a B -t, C -t és D -t.

A valós hálózatokban tehát nem egyértelmű a diszkrét (0–1 típusú) mag-periféria felbontás még a legegyszerűbb esetekben sem. Az úgynevezett folytonos mag-periféria modellekben fel is adjuk ezt a fekete-fehér szemléletet, és megengedjük, hogy a magbeliséget mérő mutató (*coreness measure*) 0 és 1 között bármilyen valós értéket felvegyen. Minél közelebb van a mutató az 1-hez, annál inkább magbelinek tekintjük az adott szereplőt (*Borgatti–Everett* [2000]).⁵ Sőt a még komplexebb, még rugalmasabb és még nagyobb szabadságfokkal rendelkező, úgynevezett aszimmetrikus modellekben arra is van lehetőség, hogy megkülönböztessük a hitelnyújtás- és a hitelfelvétel-oldali magbeliséget (*out-coreness*, *in-coreness*). A hitelnyújtás oldalán magbeli egy bank, ha mindenkit hitelez a magban, a hitelfelvétel oldalán pedig akkor tekinthető magbelinek, ha minden más magbeli bank hitelezi őt.

⁵ A folytonos modellekben sokszor nem is a kapcsolati mátrixból, hanem a súlyozott tranzakciós vagy kitettségi mátrixból indulnak ki, tehát ebben az értelemben is elmozdulnak a folytonosság irányába.

A folytonos mag–periféria modellekről *Boyd és szerzőtársai* [2010] adott jó áttekintést, kitérve a korábban használatos módszerek hátrányaira, és egy új módszert is ajánlott MINRES/SVD néven (*minimal residual/singular value decomposition*). Ennek lényege, hogy kiindulásképpen meghatározunk egy-egy N elemű u vektort és v vektort, amelyek a bankok hitelnyújtás- és hitelfelvétel-oldali magsági mutatóinak általunk becsült kezdeti értékeit tartalmazzák (0 és 1 között). Ezután vesszük az u és a v vektor diadikus szorzatát, amely megadja az „elméleti” kapcsolati mátrixot, hiszen ha két magbeli bankot tekintünk, akkor azt várjuk, hogy szoros legyen közöttük a kapcsolat, míg két periferikus bank esetében azt várjuk, hogy lehetőleg ne legyen közöttük kapcsolat. Minél közelebb van a diadikus szorzat a megfigyelt A_{ij} adatmátrixhoz, annál jobban tükrözi az u és a v vektor a valós viszonyokat.⁶ A feladat tehát most az, hogy az u és a v vektor megfelelő megválasztásával minimalizáljuk az eltérések négyzetösszegét, vagyis a (2) kifejezés értékét:

$$\sum_i \sum_{j \neq i} (A_{ij} - u_i v_j)^2. \quad (2)$$

Boyd és szerzőtársai [2010] a Mathematica szoftvercsomagba beépített numerikus közelítő algoritmussal oldották meg az optimalizációs feladatot, de természetesen más technika is alkalmazható. Például az 5. ábrán szereplő hálózat esetében az Excel Solverbe beépített, úgynevezett evolutív algoritmus az 1. táblázatbeli hitelnyújtási (u) és hitelfelvételi (v) értékeket (és diadikus mátrixot) adja.

1. táblázat

Folytonos és aszimmetrikus magsági mutatók az 5. ábrán szereplő hálózat esetében (illusztráció)

| Hitelnyújtási (u) | | Hitelfelvételi (v) | | | | | | |
|--------------------------|----------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 0,28 |
| | | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>C</i> | <i>D</i> | <i>E</i> | <i>F</i> | <i>G</i> |
| 0,71 | <i>A</i> | 0,00 | 0,71 | 0,71 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,20 |
| 1,00 | <i>B</i> | 0,50 | 0,00 | 1,00 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 0,28 |
| 0,48 | <i>C</i> | 0,24 | 0,48 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 0,43 | <i>D</i> | 0,22 | 0,43 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 |
| 0,70 | <i>E</i> | 0,35 | 0,70 | 0,70 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| 0,28 | <i>F</i> | 0,14 | 0,28 | 0,28 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| 0,00 | <i>G</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Forrás: saját szerkesztés.

Az 1. táblázat szerint a hitelnyújtási oldalon (u -coreness) a *B* bank a legjelentősebb, de az *A* és az *E* is nagyon fontos. Ezzel szemben a hitelfelvételi oldalon

⁶ A mag–periféria struktúrát leíró kapcsolati mátrix diagonális eleme nem hordoz információt, így a becslési eljárás során a diagonális értékeket nem vesszük figyelembe.

(*v-coreness*) a *B* és *C* bankok mellett még a *D* is jelentős. Látható tehát, hogy ez a módszer sokkal árnyaltabb képet ad a magsági viszonyokról, mint az egyszerű diszkrét modell.

Empirikus kutatások

Borgatti–Everett [2000] eredetileg társadalmi hálózatokra alkalmazta a mag-periféria modellt. A 2. táblázatban az ezt követő, pénzügyi piacokkal kapcsolatos kutatások főbb jellemzőit foglaljuk össze (az utolsó oszlopban összehasonlításképpen közöljük a saját kutatásunk adatait is).⁷

2. táblázat

Mag-periféria modellek alkalmazása pénzügyi hálózatokra

| | <i>Craig–von Peter</i> [2014] | <i>Lelyveld–Veld</i> [2014] | <i>Langfield és szerzőtársai</i> [2014] | <i>Fricke–Lux</i> [2015] | <i>León és szerzőtársai</i> [2016] | Jelen kutatás (<i>Berlinger és szerzőtársai</i> [2017]) |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Bankközi piac | Németország | Hollandia | Egyesült Királyság | Olaszország | Kolumbia | Magyarország |
| Bankok száma | 2000 | 102 | 490* | 100 | 91 | 46 |
| Hálózat sűrűsége (százalék) | < 1 | 8 | | 8 | 7 | 1 |
| Időbeli aggregálás szintje | negyedév | negyedév | félév | negyedév | nap | hónap |
| Elemzett időszak | 1999–2007 | 1998–2008 | 2011–2014 | 1999–2010 | 2013 | 2003–2012 |
| Tranzakciók száma (millió darab) | | | 9,7 | 1,2 | 0,03 | 0,093 |
| Mag-periféria modell | diszkrét szimmetrikus | diszkrét aszimmetrikus | diszkrét + folytonos szimmetrikus | diszkrét + folytonos aszimmetrikus | folytonos aszimmetrikus | folytonos aszimmetrikus |
| Magbeli bankok száma | 45 | 10–15 | 20 | 20–50 | 11 | 3–10 |
| Magbeli bankok fő jellemzője | nagy mérleg-főösszeg | alacsony tőketartalék | határokon keresztüli közvetítés | nagy méret, aktív hitelezés | nagy méret | alacsony partnerkockázat |

* Ebből brit bank: 176.

Forrás: saját szerkesztés.

⁷ *Erb–Havran* [2015] részletesen bemutatja a pénzügyi piacokon alkalmazott kereskedési mechanizmusokat.

Bár a vizsgált bankközi piacok időben, térben, sűrűségben, technológiában és a pénzügyi termékekben is nagyon különböztek, a fenti elemzések mindegyike arra jutott, hogy a mag–periféria modell jól írja le a hálózat struktúráját. *Craig–von Peter* [2014], *Lelyveld–Veld* [2014], illetve *Fricke–Lux* [2015] úgy tesztelte ezt az állítást, hogy generáltak a megfigyelt valós hálózattal egyező sűrűségű Erdős–Rényi-féle véletlen, illetve Barabási–Albert-féle kisvilághálózatokat, majd ezekre is mag–periféria modellt illesztettek, és végül összehasonlították a minimalizált hibapontokat (eltérésnégyzet-összegeket). Azt kapták, hogy a bankközi piaci hálózatra nagyságrendekkel jobban illeszkedett a modell, mint a szimulált hálózatokra.

A hálózatok mag–periféria jellegét az asszortativitás vizsgálatával is megerősítették (*León és szerzőtársai* [2016]). Egy hálózat asszortatív, ha a hasonlók a hasonlókkal kapcsolódnak szívesebben. A mag–periféria hálózatokban azonban inkább ennek az ellenkezője, az úgynevezett diszasszortativitás jellemző, ami annak köszönhető, hogy a periférián a magok általában nem kereskednek egymással közvetlenül, csak a központon keresztül. A diszasszortativitást (negatív asszortativitást) a negatív fokszám-korreláció jelzi (lásd *Barabási* [2016] 259. o.).

Langfield és szerzőtársai [2014] elemzése több szempontból is kiemelkedik a többi közül: egyrészt nemzetközi összehasonlításban messze a legnagyobb és legrészletesebb adatbázist használt, másrészt nyolc különböző termék piacának a hálózatát vizsgálta egymással párhuzamosan. A szerzők úgy találták, hogy a folytonos mag–periféria modell sokkal jobban illeszkedik a derivatívák és más kereskedett értékpapírok, mint például a fedezetlen hitelek és a repoügyletek hálózatára. A különböző piacokon különböző intézmények kerültek a magba: de így is találtak 20 olyan bankot, amelyik legalább egy piacon a magban volt, és ezek közül 12 bank legalább három piacon magbelinek bizonyult.

A szerzők többsége megállapította, hogy tipikusan a nagy bankok kerülnek a magba. *Langfield és szerzőtársai* [2014] azonban a határokon átvélő közvetítő tevékenységet, *Lelyveld–Veld* [2014] pedig az alacsonyabb tőketartalékot is fontos megkülönböztető jellemzőnek találta. Mi azonban arra jutottunk, hogy valószínűleg az alacsony partnerkockázatot jelentő stabil bankok kerülnek a magba, lásd részletesen a következő fejezetet.

Végül a bankközi piacokra vonatkozó „stilizált tények” között érdemes megemlíteni azt is, hogy általában a periféria finanszírozza a magot, és a magbeli bankoknak előnyük származik a központi helyzetükből (*Ho–Saunders* [1985], *Langfield és szerzőtársai* [2014], *Havran–Szűcs* [2016]). *Iori és szerzőtársai* [2007] azonban felhívta a figyelmet arra, hogy válság idején gyakran ellentétére fordul a kapcsolat, azaz jelentősebb likviditási sokkok esetén a magbeli bankok válnak finanszírozóvá, és ezzel segítik a periféria túlélését. *Cocco és szerzőtársai* [2009] pedig megfigyelte a bizalmi hitelezés (*preferential lending*) jelenségét, vagyis azt, hogy a jól bejáratott, szoros kapcsolatokon keresztül általában kedvezőbb feltételekkel lehet hitelt felvenni.

Milyen mechanizmusok hozzák létre a mag-periféria struktúrát?

A mag-periféria szerkezetű pénzügyi hálózatokban a mag a bankok bankjaként működik. Ha meg akarjuk érteni, hogy miért jön létre ilyen hálózati struktúra, akkor valójában arra az alapkérdésre keressük a választ, hogy miért van szükség egyáltalán pénzügyi közvetítőkre, azaz bankokra. A szakirodalom e tekintetben bőséges útmutatással szolgál, a szerzők többnyire a likviditás biztosítására, az eszköz–forrás összhang megteremtésére, a professzionális kockázatkezelésre, a tranzakciós költségek csökkentésére és az információs aszimmetria csökkentésére helyezik a hangsúlyt (Király [2012]). Nem véletlen, hogy a mag-periféria szerkezet magyarázatára született elméletek is ezekben a dimenziókban mozognak.

Hojman–Szeidl [2008] bebizonyította, hogy ha a szereplőknek haszna származik minden kapcsolatból, sőt egy bizonyos szintig a kapcsolatok kapcsolataiból is, de érvényesül a csökkenő hozadék elve (azaz az újabb kapcsolatokból származó haszon egyre kisebb), illetve a kapcsolat létesítésének költsége van, akkor rendszer szinten egy speciális csillagstruktúra – az úgynevezett periféria által finanszírozott csillag – az optimális, ahol egyetlen központi szereplő kapcsolja össze a periférián lévő összes többi szereplőt. A társadalmi optimum egyben Nash-egyensúly is, azaz senkinek nem éri meg egyedileg eltérni ettől a struktúrától. A modell nem ad választ arra a kérdésre, hogy a szereplők mikroszintű döntései révén létrejön-e ez a struktúra, illetve hogy melyik bank kerül a középpontba (ez a modellben teljesen *ad hoc* módon határozódik meg).

Veld és szerzőtársai [2014] a bankok méretbeli különbözőségével magyarázta a mag-periféria struktúra kialakulását. A bankok versengenek a közvetítői előnyökért, és a nagyobb bankok előnyösebb helyzetben vannak ebben a versenyben. A közvetítői előnyök pedig visszahatnak a méretre, és így endogén módon tovább növelik a méretkülönbségeket. Végeredményben a nagy, nyereséges bankok kerülnek a magba.

Lux [2015] modelljében szintén a bankok méretbeli különbözősége a legfőbb struktúraalakító erő, de mások a mechanizmusok. A nagyobb bankoknak nagyobb a likviditási tartaléka. A likviditási sokkok véletlenszerűen érkeznek, és a kisebb bankok azt tapasztalják, hogy a nagyobb bankokkal könnyebben tudnak kereskedni. A modell jellegzetessége a bizalmi hitelezés, vagyis minél többször kereskedett egymással két bank korábban, annál inkább növekszik közöttük a bizalom, így annál nagyobb valószínűséggel fordulnak ismét egymáshoz, ha hitelre van szükségük. A többperiódusos adaptív tanulás eredményeképpen a hálózatban megjelenik a diszasszortativitás, és a nagy bankok kerülnek a hálózat magjába.

Aldasoro és szerzőtársai [2016] feltételezése szerint a kockázatkerülő bankok igyekeznek optimalizálni a készpénzből, lekötött eszközökből és bankközi hitelekből álló portfóliójukat. Likviditási tartalékokat képeznek, mivel számítanak arra, hogy a sokkok a hitelkapcsolatokon keresztül továbbterjedhetnek, és szorult helyzetben csak jelentős árveszteséggel képesek eladni a lekötött eszközeiket (*fire sale*). Az árak és a mennyiségek speciális, többlépéses algoritmus alapján alakulnak ki, amelynek eredőjeként mag-periféria struktúra jön létre.

Chang–Zhang [2016] modelljében az egyes intézmények maguk választják meg a partnereiket és a kapcsolataik számát. Itt azok a bankok kerülnek a magba, amelyeknek eredendően a legkisebb a kockázati kitettsége, mert kiegyensúlyozott helyzetüknek köszönhetően könnyebben ki tudják szolgálni a többi bank kereskedési igényét, így piacvezetővé (*market maker*) válnak.

Látjuk tehát, hogy az elmúlt néhány évben számos szerző igyekezett magyarázatot találni a pénzügyi piacokon megfigyelt mag–periféria szerkezetre. Előzetes várakozásainknak megfelelően a modellekben pontosan azok a jellegzetességek bizonyultak struktúrateremtőnek, amelyek a bankoknak mint pénzügyi közvetítőknak a létezését indokolják. *Hojman–Szeidl* [2008] a tranzakciós költségek hatását emelte ki. Más tanulmányok a likviditási és piaci kockázatok kezelését hangsúlyozták, ami a méretbeli különbségeken (*Veld és szerzőtársai* [2014], *Lux* [2015]) vagy a bankok eredeti pozíciójának (mérlegösszetételének) különbözőségén (*Aldasoro és szerzőtársai* [2016], *Chang–Zhang* [2016]) keresztül fejt ki a hatását. A *Lux* [2015] tanulmányban az információs aszimmetria csökkentésének igénye a bizalmi hitelezés feltételezésén keresztül jelenik meg. Mindezek alapján láthatjuk, hogy a mag–periféria modellek pénzügyi alkalmazása nemcsak empirikusan, de elméletileg is megalapozott.

A magyar bankközi fedezetlen hitelpiac mag–periféria szerkezetének elemzése

A következőkben folytonos és aszimmetrikus mag–periféria modellt illesztünk a magyar bankközi fedezetlen forinthitelek piacának hálózatára. A 2003. január és 2012. január közötti időszak havi bontású adataival dolgozunk, tehát összesen 109 – havi szinten aggregált – hálózatot elemezzünk. Minden hónapban meghatározzuk minden aktív bank hitelnyújtás- és hitelfelvétel-oldali magsági mutatóját. Ebben az időszakban összesen 55 jelentésre kötelezett bank működött Magyarországon, de közülük csak 46 volt aktív ezen a piacon. A hitelek nagy része egynapos (*overnight*) hitel volt, amelyek mögött nem állt fedezet, a szereplőknek tehát partnerkockázattal is számolniuk kellett. Az adatbázis teljesen anonim volt, tehát az egyes bankokat csak sorszámok jelölték, és semmilyen módon nem lehetett azonosítani őket.

Az A_{ij} kapcsolati mátrixból számoltunk, a kereskedési mennyiségeket csak oly módon vettük figyelembe, hogy kizárólag a 0,25 milliárd forintnál nagyobb kitettségeket tekintettük kapcsolatnak. A korábbiakban bemutatott MINRES/SVD módszert alkalmaztuk. Az optimalizációt pedig *Byrd és szerzőtársai* [1995] útmutatásai alapján R-nyelvben programoztuk. Mivel a már bemutatott előzetes eredményeink egyértelműen mutatják, hogy a vizsgált piac erősen hierarchikus, ezért nem merül fel egy Erdős–Rényi- vagy Barabási–Albert-féle hálózat lehetősége.

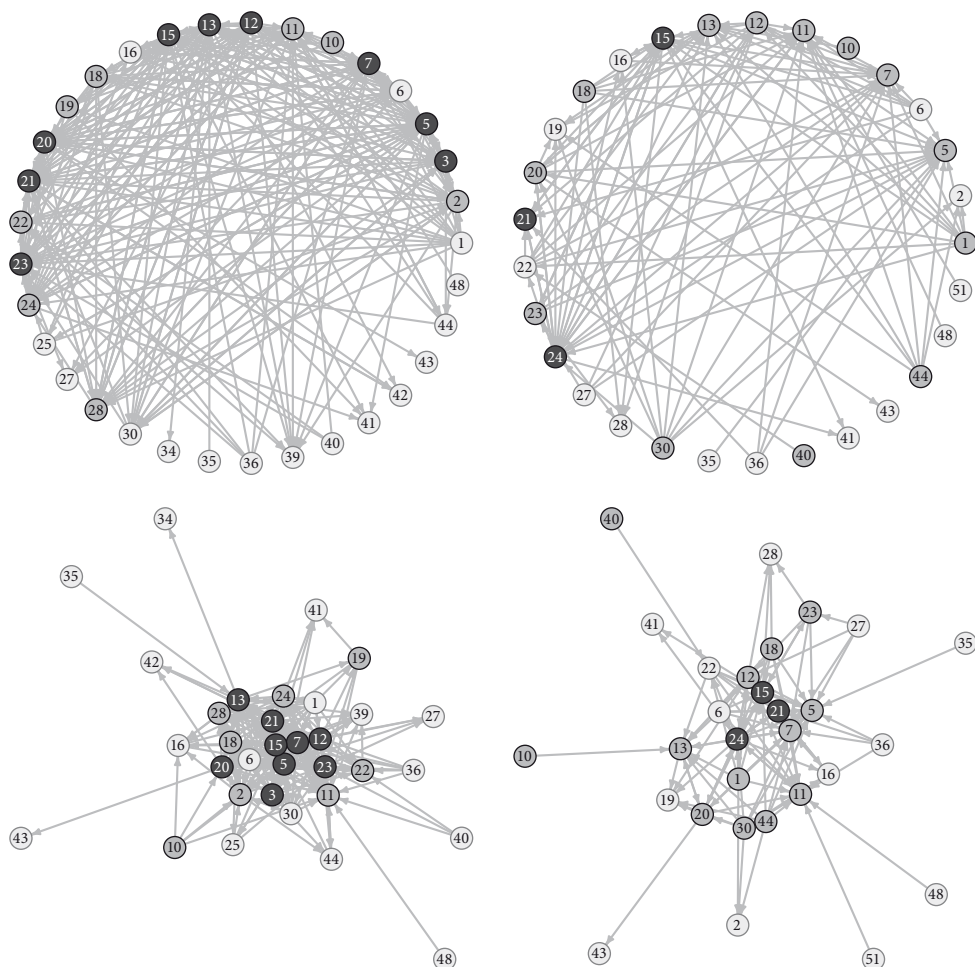
A 6. ábra mutatja egy-egy havi hálózat gráfját a Lehman-válság előtt és után két különböző ábrázolásban. A sötétebb pontok jelölik a magba tartozó bankokat.

6. ábra

A magyar bankközi fedezetlen hitelek piacának topológiája a Lehman-válság előtt és után

Lehman-válság előtt (2008. július)

Lehman-válság után (2008. november)



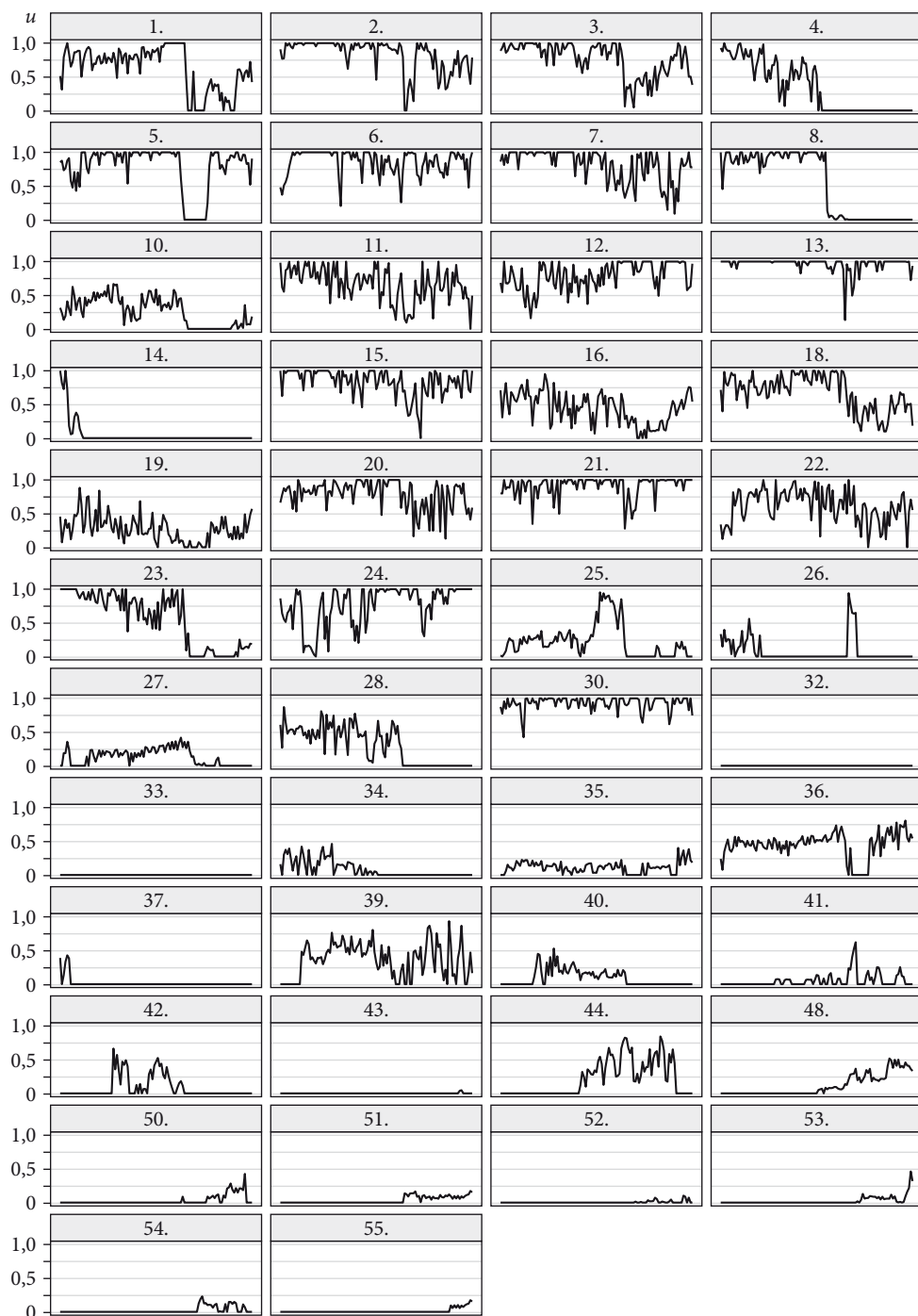
Forrás: saját szerkesztés.

A 6. ábra alapján szabad szemmel is megállapítható, hogy a válság hatására koncentráldott a piac, és csökkent a magbeli bankok száma.

Magsági mutatók időbeli alakulása

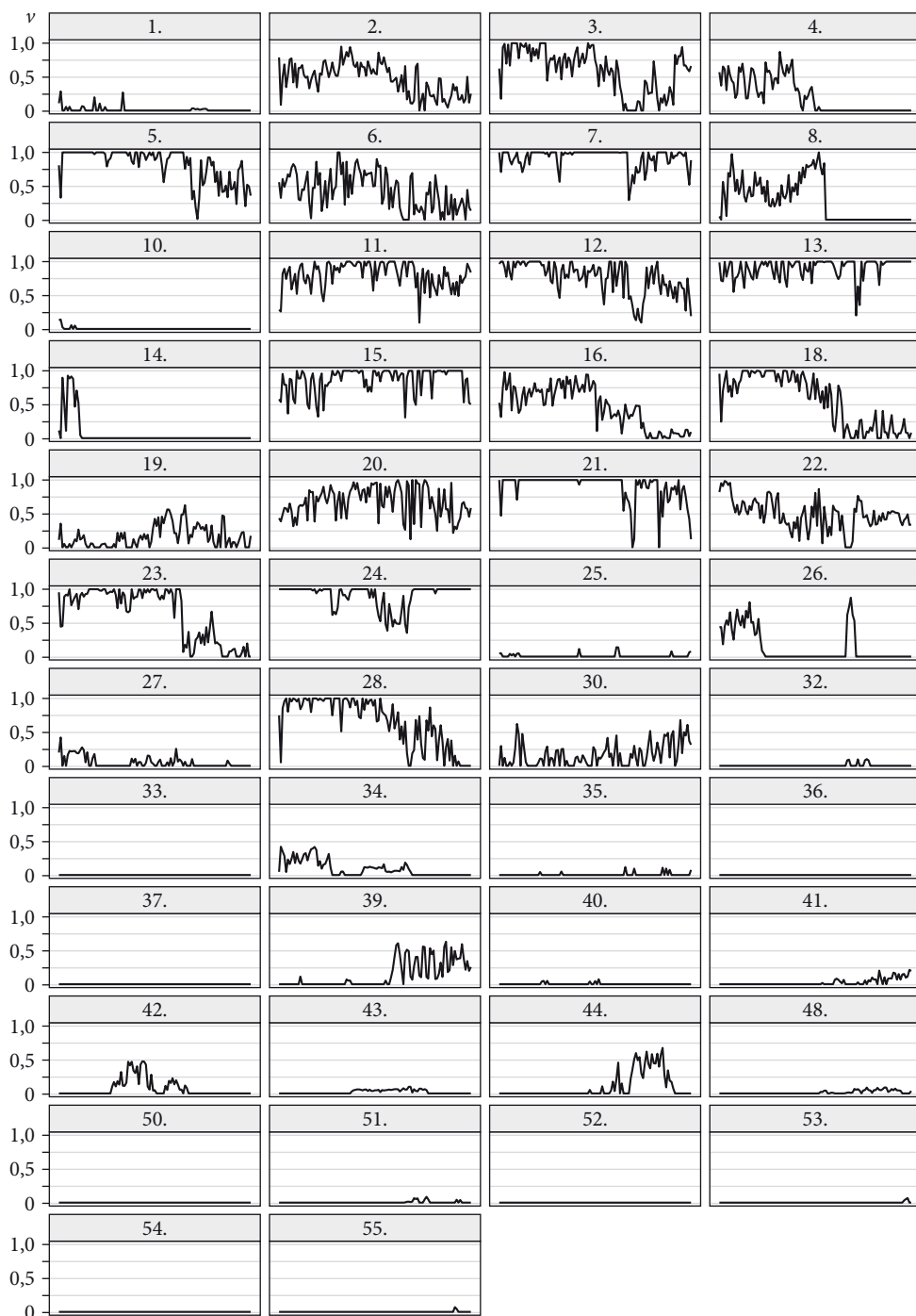
A 7. és a 8. ábrán mutatjuk be a hitelnyújtás- és a hitelfelvétel-oldali magsági mutatók időbeli alakulásának mintázatát bankonként.

7. ábra

Hitelnyújtási magassági mutató időbeli alakulása bankonként (*out-coreness*, u)

Forrás: saját szerkesztés.

8. ábra

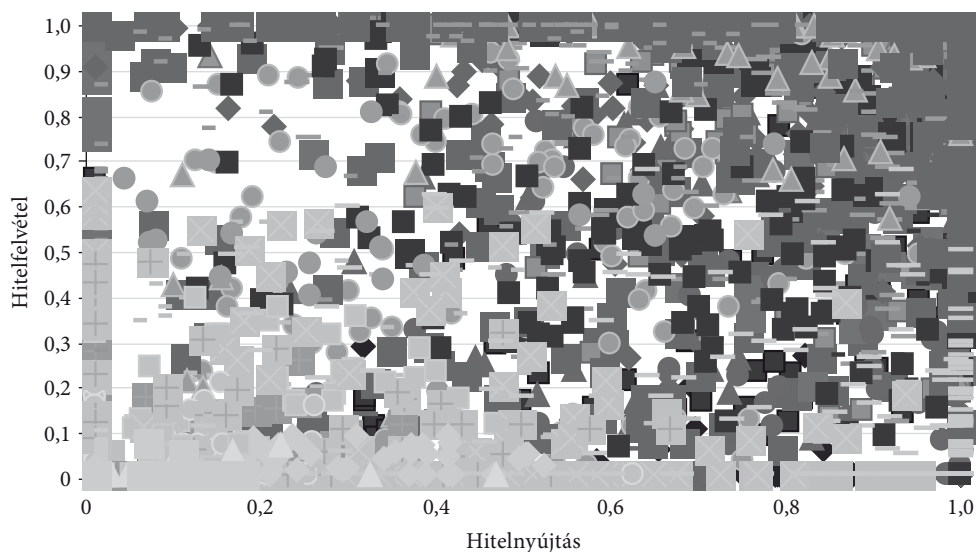
Hitelfelvételi magassági mutató időbeli alakulása bankonként (*in-coreness*, v)

Forrás: saját szerkesztés.

A magági mutatók alapján a bankok rendkívül heterogén képet mutatnak, hiszen a mintázatok nagyon különböznek egymástól. Egyes bankok az egész időszak alatt stabilan a magban voltak mindkét szempontból (11., 12., 13., 15.), mások többnyire a periférián helyezkedtek el (35., 41.). Számos bank a válság hatására kiszorult a magból, (4., 8., 18., 28.), de arra is volt példa, hogy éppen a válság után nőtt mindkét magági mutatója (44.). A két magági mutató (u és v) nem mozgott együtt, például az 1. bank tipikusan magbéli a hitelnyújtásban, de periferikus a hitelfelvételben. A 9. ábrán a 109 hálózat 46 bankjának u – v síkbeli elhelyezkedését tanulmányozhatjuk, ahol a különböző árnyalatú és formájú jelek különböző bankokat jelentenek.

9. ábra

Hitelfelvételi (u) és a hitelnyújtási (v) magági mutatók közötti összefüggés



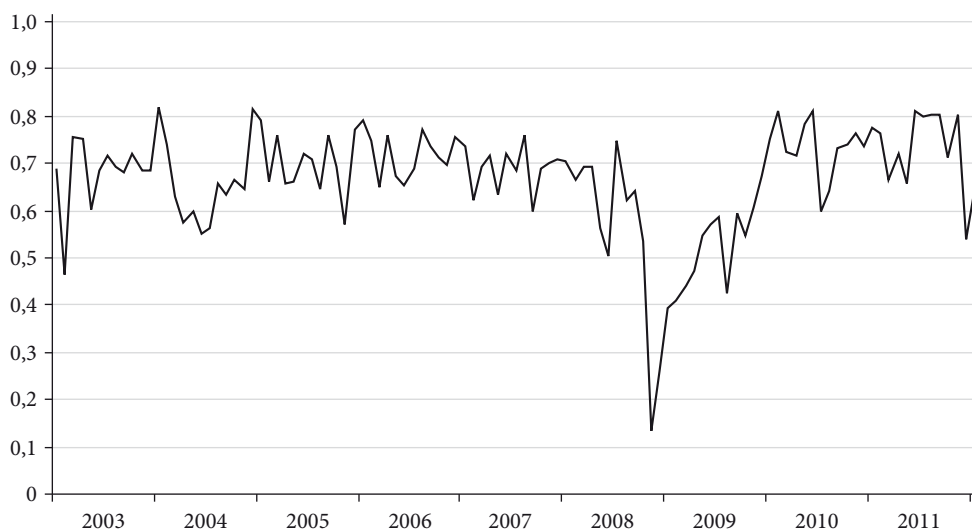
Forrás: saját szerkesztés.

Megállapíthatjuk, hogy a hitelfelvételi és a hitelnyújtási magbeliség általában pozitívan korrelál egymással, hiszen a pontok többsége a téglalap bal alsó vagy jobb felső sarkában tömörül. Az is gyakran előfordul azonban, hogy az adott hónapban az egyik mutató kiugróan magas, míg a másik kiugróan alacsony értéket vesz fel. A 10. ábra a két magági mutató közötti korreláció időbeli alakulását szemlélteti.

A hitelnyújtási és a hitelfelvételi magági mutatók között viszonylag szoros (0,6–0,8 körüli) a korreláció, ami azonban a Lehman-válság hatására egészen alacsony (0,2 körüli) szintre is lecsökkent. Ez arra utal, hogy válságban hirtelen megváltozhatnak a szerepek, a hitelnyújtókból hitelfelvevők lesznek, ami összhangban van Iori és szerzőtársai [2007] eredményeivel. Az u - és v -magbeliség közötti korreláció csökkenése tehát mint válságjelenség értelmezhető.

10. ábra

A hitelnyújtási (u) és a hitelfelvételi (v) magági mutató közti korreláció időbeli alakulása



Forrás: saját szerkesztés.

Mi jellemzi a magbeli bankokat?

Részletesen megvizsgáljuk, hogy mi jellemzi a magbeli bankokat a magyar bankközi fedezetlen hitelek piacán. Azt elemezzük, hogy a magági mutatók hogyan korrelálnak a bankok piaci pozícióját leíró legfontosabb jellemzőkkel: a nettó hitelpozícióval és a nettó kamatkülönbséggel, amely mutatók a közvetítői szerepvállalást és a közvetítői hasznot karakterizálják. Másrészt fontosnak tartjuk megvizsgálni azokat a jellemzőket is, amelyek az adott bank mint hitelfelvevő kockázatoságával függnek össze. A hitelpiacokon a kockázat nemcsak a hitelkamatlábban, hanem a hitel összegében és a futamidőben is tükröződik. Ezeket a mutatókat is részletesen elemezzük a magbeliségre vonatkozóan. Végül megvizsgáljuk az úgynevezett implicit partnerlimiteket, amelyek szintén a partnerkockázattal függnek össze, még hozzá egészen közvetlen módon.

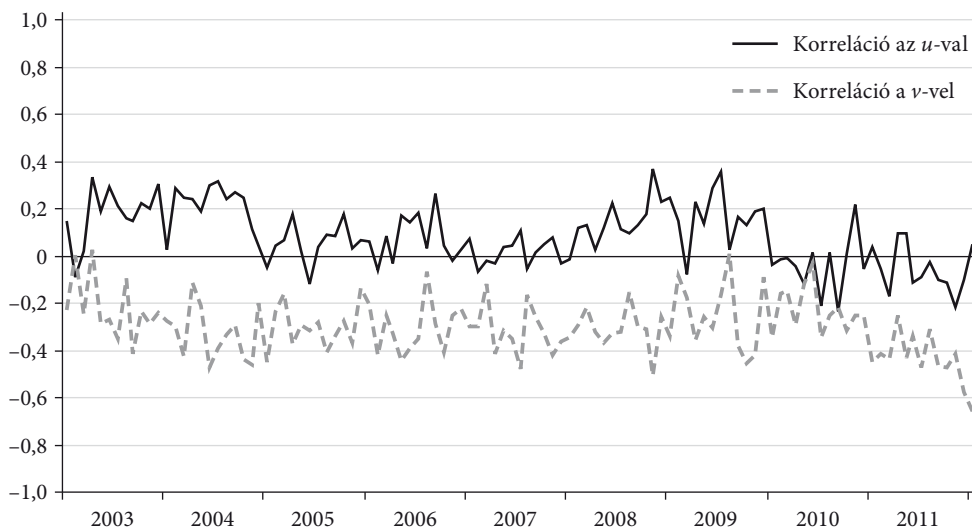
Ahogy a 7. és 8. ábrán az optimalizáció eredményeképpen minden hónapra és minden bankra meghatároztuk az u - és v -magbeliségi mutatókat, ugyanígy minden hónapra és bankra kiszámítjuk a fent felsorolt jellemzőket. A 11–16. ábrán a mutatók közötti havi keresztmetszeti korrelációkat mint idősorokat mutatjuk be.

A 11. ábra a bank nettó hitelpozíciója (kitettsége) és a magági mutatók közötti korreláció időbeli alakulását mutatja.

Várakozásainkkal egybeesik, hogy a 11. ábra szerint a nettó hitelpozíció annál nagyobb, minél magasabb a hitelnyújtási magbeliség (u), és minél alacsonyabb a hitelfelvételi magbeliség (v). A kapcsolat nem túl szoros, és a válságnak nem látszik a hatása, bár a 2010-es évektől mindkét korreláció szorossága csökkent, ami összecseng azzal a

11. ábra

Magbeliség versus nettó hitelpozíció



Forrás: saját szerkesztés.

nemzetközi szakirodalomban dokumentált empirikus ténnyel, hogy nyugalmas időszakokban a magbéli bankok többnyire nettó hitelfelvevőként működnek (*Ho–Saunders* [1985], *Langfield és szerzőtársai* [2014]), bár ez az állítás főként azokra a bankokra érvényes, amelyeknek hitelfelvételi magsági mutatója magas.

Felmerül a kérdés, hogy a magbeliség jelent-e bármilyen előnyt a nettó kamatkülönbözetben – amely az adott hónapban az összes felvett és nyújtott hitel mennyiséggel súlyozott átlagos kamatlábának a különbsége – mérve (12. ábra).

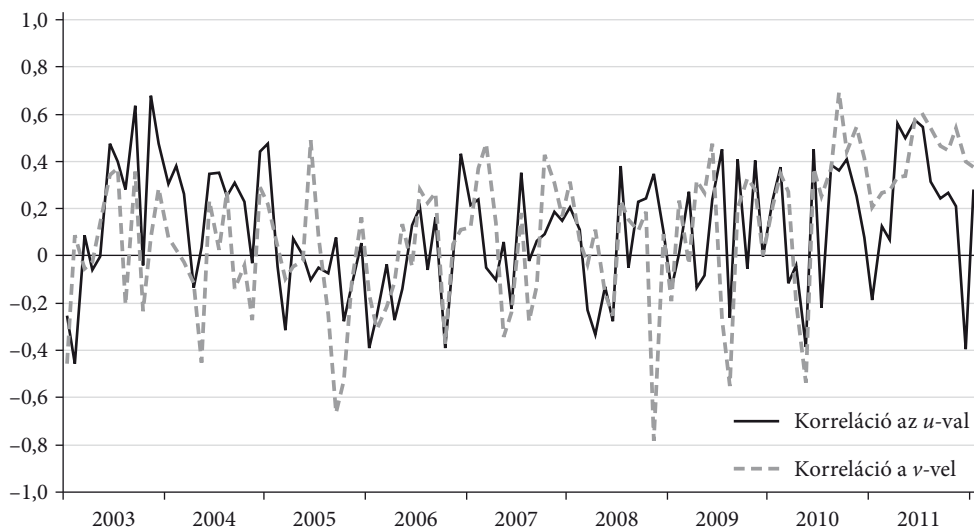
A 12. ábra tanúsága szerint a magbeliség és a nettó kamatkülönbözet között nagyon instabil a kapcsolat, és 2010-ig nem is nagyon mutatható ki szignifikáns összefüggés. 2010 óta azonban úgy tűnik, hogy a magbeliség (különösen a hitelfelvételi oldalon) a nagyobb nettó kamatkülönbözet irányába hat, ami azt mutatja, hogy a magbéli bankoknak némileg erősebb a piaci pozíciójuk, s ez a hitelek árazásában is megjelenik.

Érdemes megvizsgálni, hogy a magbéli bankok hitelfelvevőként kedvezőbb feltételeket tudnak-e elérni, mint a többiek. Azt várjuk, hogy a magbéli bankok több hitelt kapnak, alacsonyabb kamatlábon és hosszabb lejáratra, mint a többiek. A 13., 14. és 15. ábrán az adott bankra az adott hónapban jellemző átlagos hitelösszeg, átlagos hitelkamatláb és átlagos futamidő kapcsolatát elemezzük a magsági mutatókkal.

A 13. ábra azt mutatja, hogy mind a hitelnyújtási (u), mind a hitelfelvételi (v) magbeliség pozitív kapcsolatban van az átlagos hitelösszeggel, ami a mérethatással függhet össze, azaz a magbéli bankok valószínűleg nagyobbak, így nemcsak nagyobb összegű hitelekre van szükségük, de a többiek is nagyobb hiteleket hajlandók nyújtani nekik. Ez különösen igaz azokra a bankokra, amelyek a hitelnyújtási oldalon magbéliek. Érdekes, hogy válság hatására a korreláció némileg csökkent, és azóta is megmaradt az alacsonyabb szinten.

12. ábra

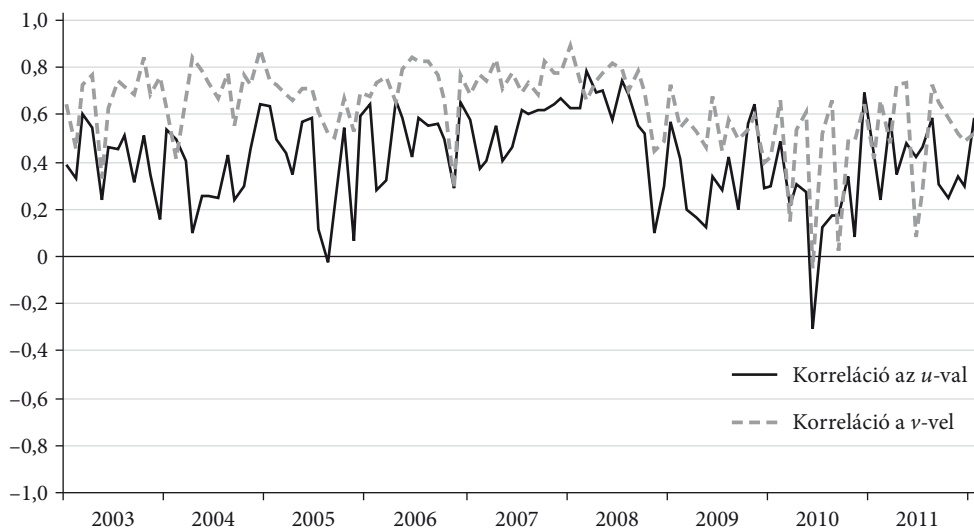
Magbeliség versus nettó kamatkülönbözet



Forrás: saját szerkesztés.

13. ábra

Magbeliség versus átlagos hitelösszeg

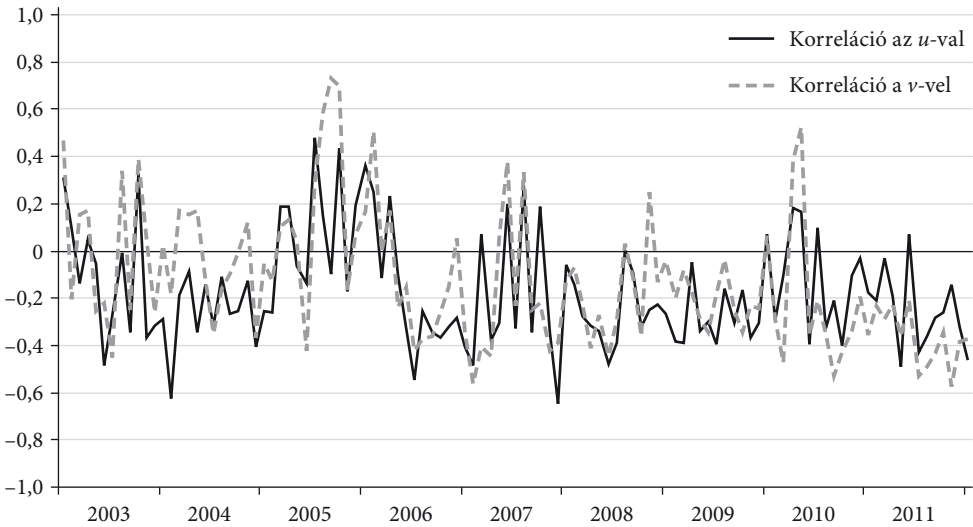


Forrás: saját szerkesztés.

A 14. ábrán azt látjuk, hogy a hitelkamatláb és a magbeliség között nincs szoros kapcsolat, bár a kapcsolat iránya a várakozásoknak megfelelően inkább negatív.

14. ábra

Magbeliség versus átlagos hitelkamatláb

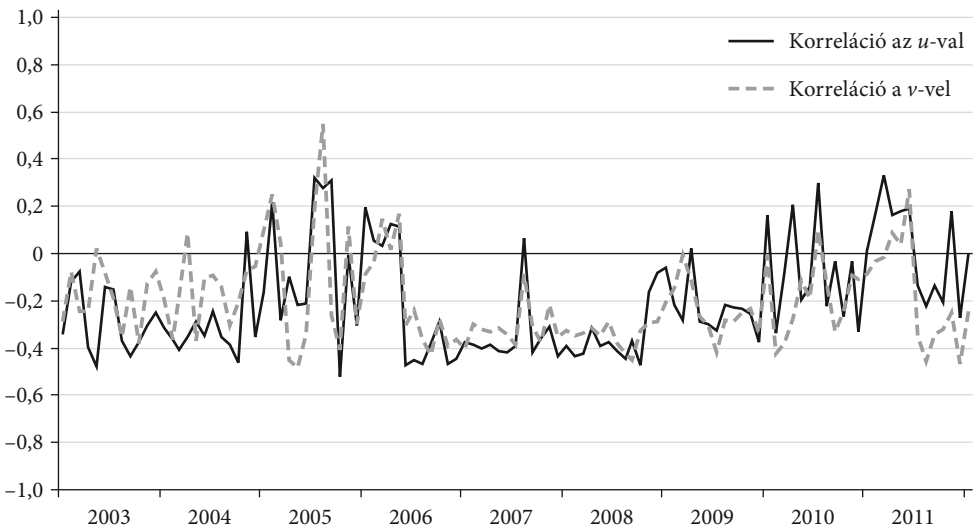


Forrás: saját szerkesztés.

A 15. ábrán a magbeliség és a futamidő között nem látszik semmiféle kapcsolat, és a 2008. őszi válság hatása sem szembeötlő.

15. ábra

Magbeliség versus átlagos futamidő



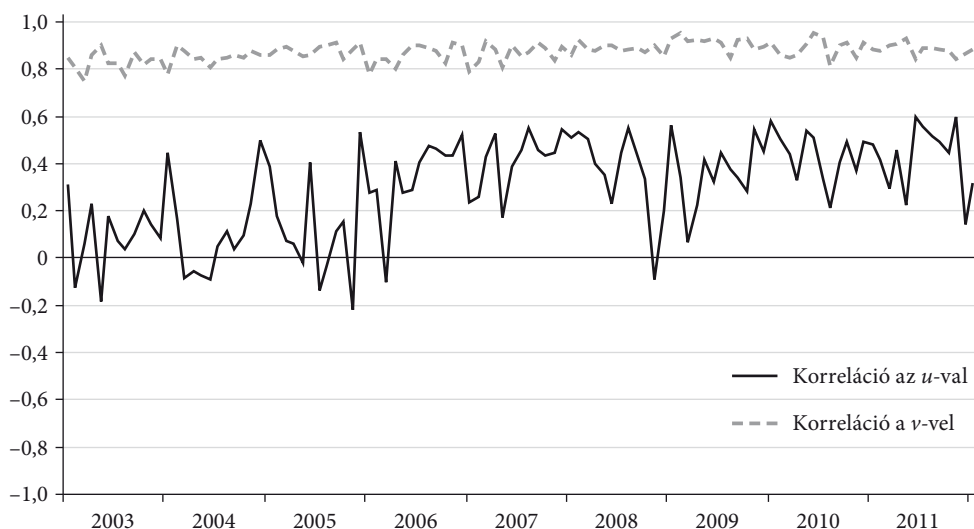
Forrás: saját szerkesztés.

A 11–15. ábra alapján összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a nettó hitelpozíció kivételével a hitel- és betétoldali magbeliség között nincs igazán különbség. Másrészt a magbeliségi mutatók csak az átlagos hitelösszeggel mutatnak szorosabb kapcsolatot (stabilan +0,5 fölötti korreláció), lásd a 13. ábrát, ami a mérhetőség következménye lehet. A válság egyik korrelációt sem érintette jelentősen, ami persze nem zárja ki, hogy jelentős szerepcserék történtek, csak arra utal, hogy a magbeliséggel együtt járó körülmények (például a relatív hitefeltételek) viszonylag stabilak voltak időben.

Végül felmerül a gondolat, hogy a magbeliség esetleg – a belső banki limitrendszerek mechanizmusán keresztül – az egyes bankok partnerkockázatától függ. *Homolya és szerzőtársai* [2013] széles körű interjúsorozat keretében feltárták, hogy a Magyarországon működő bankok kereskedésére nagy hatással vannak a belső partnerlimitek, amelyek effektívek abban az értelemben, hogy számos esetben valós korlátként funkcionálnak. A limiteket a becsült partnerkockázat alapján állítják föl, évente rendszeresen felülvizsgálják, de ha történik valami rendkívüli esemény, akkor évközben is módosítják. Mindezek alapján *Berlinger* [2017] javasolta, hogy a piaci tranzakciós adatokból számítsuk vissza az úgynevezett implicit partnerlimiteket (legalábbis adjunk alsó becslést az értékükre). Ez alapján olyan partnerkockázati mutatót állítottunk elő, amely azt mutatja, hogy az adott bankot a többiek mennyire tartják aktuálisan biztonságosnak. A 16. ábrán a magbeliség és az implicit partnerlimit kapcsolata látható.

16. ábra

Magbeliség versus implicit partnerlimit



Forrás: saját szerkesztés.

A 16. ábrán egyértelműen látszik, hogy a hitelfelvételi magbeliség rendkívül szorosan (0,8–0,95) korrelál az implicit partnerlimittel, és ez a szoros összefüggés sokkal stabilabb, mint a 11–15. ábrán lévő korrelációk bármelyike.

Ez az eredmény azért is meglepő, mert a magbeliséget a lecsupaszított A_{ij} kapcsolati mátrixból számítjuk, s a számítás során a tranzakciós mennyiségek nem játszanak közre, csak a kapcsolatok száma és iránya; ezzel szemben az implicit partnerlimitek számításánál a partnerek száma kevésbé érdekes, csak a mennyiségek lényegesebbek, hiszen azt számítjuk ki, hogy a többi bank az általa nyújtott hitelek mekkora részét hajlandó az adott banknak adni. Teljesen más tehát a két mutató információs bázisa, és más a logikája is. Például a (2) kifejezésből (lásd 1168. o.) jól látszik, hogy a v -magbeliségre hatást gyakorol az adott bank hitelnyújtási tevékenysége (u -magbelisége) is, hiszen a két vektor szimultán jön létre; ezzel szemben az implicit partnerlimitek az adott bank hitelnyújtási tevékenysége nincs befolyással.

A v -magbeliség és az implicit partnerlimitek közötti nagyon szoros és nagyon stabil kapcsolat arra utal, hogy a mag-periféria struktúra létrejöttében valószínűleg a bankok limitállítási gyakorlata és ezen keresztül a partnerkockázati megfontolások játszanak jelentős szerepet. Megjegyezzük azonban, hogy az ok-okozati kapcsolat kétirányú lehet: a partnerlimitek is hatnak a magbeliségre, de a magbeliség is visszahat a partnerlimitekre. Másrészt, mivel a partnerlimitek használhatók lehetnek a válság előrejelzésére egyfajta korai indikátorként (Berlinger [2017]), ezért a velük szorosan korreláló magsági mutatók is betölthetnek ilyen szerepet.

Következtetések

Áttekintettük a mag-periféria modellek elméleti és módszertani hátterét, majd bemutattuk az ezzel kapcsolatos, pénzügyi hálózatokon végzett legfontosabb nemzetközi kutatások eredményeit. Ezek alapján összefoglalhatók a bankközi piacokkal kapcsolatos stilizált tények. A hálózatok általában ritkák és alacsony klaszterezettségűek. A foksámok hatványeloszlást követnek ugyan, de a kisvilág-hálózatokkal ellentétben a klaszterezettség mutató és a foksám nem független egymástól, hanem inkább negatív kapcsolatban állnak, tehát a hálózatok szerkezetét jobban leírják a hierarchikus, például mag-periféria modellek. Általában a nagy bankok vannak a magban, és a kicsik a periférián. Normális üzletmenet esetén a periféria finanszírozza a magot, de ez válságban megfordulhat. A bankok igyekeznek szoros kapcsolatot kiépíteni egy-egy partnerükkel, és a jól bejáratott kapcsolatokon keresztül kedvezőbb hitelfeltételeket képesek elérni.

A szakirodalom hangsúlyozza azt az elképzelést, hogy a mag-periféria struktúrát a bankok méretbeli heterogenitása okozza a likviditásmenedzsment mechanizmusain keresztül, és ebből adódik, hogy a nagy bankok kerülnek a magba, és a kis bankok maradnak a periférián.

Mi is elvégeztük a mag-periféria modell illesztését a magyar bankközi fedezetlen hitelek piacának 2003 és 2012 közötti havi hálózataira. Ábrázoltuk az egyes bankok hitel- és betétoldali magsági mutatóinak időbeli alakulását, és megvizsgáltuk, hogy mi a kapcsolat ezen mutatók és a bank nettó hitelpozíciója, kamatkülönbözete, illetve a bank által felvett hitelek kondíciói (hitelösszeg, kamatláb, futamidő) között. Azt kaptuk, hogy a magsági mutatók a felsorolt jellemzők közül csak a hitelösszeggel álltak

szorosabb összefüggésben: a korrelációs együttható azonban nagyon változékony volt, és tipikusan 0,5–0,7 körüli értéket vett fel. Ennek fényében is meglepő, hogy a hiteloldali magsági mutató mennyire szorosan korrelált az implicit partnerlimittel: a korrelációs együttható mindvégig nagyon stabilan a 0,8–0,95 közötti sávban mozgott.

Ebből arra következtethetünk, hogy a mag-periféria struktúra létrejöttében komoly szerepe van a bankok partnerlimit-kezelési gyakorlatának. Ha ez igaz, akkor a nagy bankok nem feltétlenül a méretük, hanem az alacsonyabb partnerkockázatuk miatt kerülnek bele a magba. Ha elfogadjuk azt a széles körben vallott gondolatot, hogy a magbeli bankok a rendszerkockázati szempontból legfontosabb bankok, akkor ez kifejezetten jó hír a szabályozó számára, hiszen akkor a fontos bankok egyúttal a legbiztonságosabbak is, és ezt a többi bank limitállítási gyakorlata mint a rendszer egyfajta önszabályozási mechanizmusa biztosítja.

Hivatkozások

- ACEMOGLU, D.–OZDAGLAR, A.–TAHBABZ-SALEHI, A. [2015]: Systemic risk and stability in financial networks. *The American Economic Review*, Vol. 105. No. 2. 564–608. o. <https://doi.org/10.1257/aer.20130456>.
- ACEMOGLU, D.–OZDAGLAR, A.–TAHBABZ-SALEHI, A. [2016]: Networks, shocks, and systemic risk. Megjelent: *Bramoullé, Y.–Galeotti, A.–Rogers, B.* (szerk.): *The Oxford Handbook of the Economics of Networks*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199948277.013.17>.
- ALDASORO, I.–DELLI GATTI, D.–FAIA, E. [2016]: Bank networks: Contagion, systemic risk and prudential policy. *BIS Working Paper*, No. 597.
- ALTER, A.–CRAIG, B.–RAUPACH, P. [2015]: Centrality-Based Capital Allocations. *International Journal of Central Banking*, Vol. 11. No. 3. 329–379. o.
- BANAI ÁDÁM–ILLÉS FERENC [2015]: Systemic risk. Megjelent: *Berlinger és szerzőtársai* (szerk.): *Mastering R for quantitative finance*. Packt Publishing Ltd.
- BARABÁSI ALBERT–LÁSZLÓ [2016]: *A hálózatok tudománya*. Libri Kiadó, Budapest.
- BARABÁSI ALBERT–LÁSZLÓ–OLTVAI N. ZOLTÁN [2004]: Network biology: Understanding the cell's functional organization. *Nature Reviews Genetics*, Vol. 5. No. 2. 101–113. o. <https://doi.org/10.1038/nrg1272>.
- BARABÁSI ALBERT–LÁSZLÓ–ALBERT Réka [1999]: Emergence of scaling in random networks. *Science*, Vol. 286. No. 5439. 509–512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>.
- BCBS [2011]: Global Systemically Important Banks: Assessment methodology and the additional loss absorbency requirement. Nemzetközi Fizetések Bankja, Bázél.
- BCBS [2013]: Global Systemically Important Banks: Updated assessment methodology and the higher loss absorbency requirement. Nemzetközi Fizetések Bankja, Bázél.
- BERLINGER EDINA [2017]: Implicit rating: A potential new method to alert crisis on the inter-bank lending market. *Finance Research Letters*, Vol. 21. No. 5. 277–283. o. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.11.010>.
- BORGATTI, S. P.–EVERETT, M. G. [2000]: Models of core/periphery structures. *Social Networks*, Vol. 21. No. 4. 375–395. o. [https://doi.org/10.1016/s0378-8733\(99\)00019-2](https://doi.org/10.1016/s0378-8733(99)00019-2).
- BOYD, J. P.–FITZGERALD, W. J.–MAHUTGA, M. C.–SMITH, D. A. [2010]: Computing continuous core/periphery structures for social relations data with MINRES/SVD. *Social Networks*, Vol. 32. No. 2. 125–137. o. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2009.09.003>.

- BYRD, R. H. – LU, P. – NOCEDAL, J. – ZHU, C. [1995]: A limited memory algorithm for bound constrained optimization. *SIAM Journal on Scientific Computing*, Vol. 16. No. 5. 1190–1208. o. <https://doi.org/10.1137/0916069>.
- CHANG, B. – ZHANG, S. [2016]: Endogenous market making and network formation. SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2600242>.
- COCCO, J. F. – GOMES, F. J. – MARTINS, N. C. [2009]: Lending relationships in the interbank market. *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 18. No. 1. 24–48. o. <https://doi.org/10.1016/j.jfi.2008.06.003>.
- CRAIG, B. – VON PETER, G. [2014]: Interbank tiering and money center banks. *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 23. No. 3. 322–347. o. <https://doi.org/10.1016/j.jfi.2014.02.003>.
- CSÓKA PÉTER – KISS TAMÁS [2015]: Az összekapcsoltság hatása a rendszerkockázatra homógen bankrendszerben. *Sigma*, 46. évf. 1–2. sz. 1–16 o.
- ELLIOTT, M. – GOLUB, B. – JACKSON, M. O. [2014]: Financial networks and contagion. *The American Economic Review*, Vol. 104. No. 10. 3115–3153. o. <https://doi.org/10.1257/aer.104.10.3115>.
- ERB TAMÁS – HAVRAN DÁNIEL [2015]: Mit veszítünk a piaci súrlódásokkal? A pénzügyi piacok mikrostruktúrája. *Közgazdasági Szemle*, 62. évf. 3. sz. 229–262. o.
- ERDŐS PÁL – RÉNYI ALFRÉD [1960]: On the evolution of random graphs. *Magyar Tudományos Akadémia Matematikai Kutató Intézet Közleményei*, 5. évf. 17–61. o.
- FRICKE, D. – LUX, T. [2015]: Core-periphery structure in the overnight money market: Evidence from the e-mid trading platform. *Computational Economics*, Vol. 45. No. 3. 359–395. o. <https://doi.org/10.1007/s10614-014-9427-x>.
- FUKKER GÁBOR [2017]: Harmonic distances and systemic stability in heterogeneous interbank networks. *MNB Working Papers*, No. 1. <https://www.mnb.hu/letoltes/mnb-wp-2017-1-final.pdf>.
- HAVRAN DÁNIEL – SZŰCS BALÁZS ÁRPÁD [2016]: Árjegyzői viselkedés belső kockázatosztás mellett. *Sigma*, 47. évf. 1–2. sz. 1–30. o.
- HO, T. S. Y. – SAUNDERS, A. [1985]: A micro model of the federal funds market. *Journal of Finance*, Vol. 40. No. 3. 977–988. o. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1985.tb05026.x>.
- HOJMAN, D. A. – SZEIDL, A. [2008]: Core and periphery in networks. *Journal of Economic Theory*, Vol. 139. No. 1. 295–309. o. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2007.07.007>.
- HOMOLYA DÁNIEL – LAKATOS MELINDA – MÁTRAI RÓBERT – PÁLES JUDIT – PULAI GYÖRGY [2013]: Magyarországi bankok limitállítási gyakorlata. Előterben a partnerlimitek. *MNB-Szemle*, október, 49–60. o.
- IORI, G. – RENO, R. – DE MASI, G. – CALDARELLI, G. [2007]: Trading strategies in the Italian interbank market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 376. 467–479. o. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2006.10.053>.
- KIRÁLY JÚLIA [2012]: Ment-e bankok által a világ elébb, avagy a válság újraírta a tankönyvet. Tanulmány Pete Péter 60. születésnapjára. Eltecon, Budapest.
- KOMÁRKOVÁ, Z. – HAUSENBLAS, V. – FRAIT, J. [2011]: How to identify systemically important financial institutions. *CNB Financial Stability Report*, 2011/2012, 100–111. o.
- LANGFIELD, S. – LIU, Z. – OTA, T. [2014]: Mapping the UK interbank system. *Journal of Banking & Finance*, Vol. 45. 288–303. o. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2014.03.031>.
- LELYVELD, I. – VELD, D. [2014]: Finding the core: Network structure in interbank markets. *Journal of Banking & Finance*, Vol. 49. 27–40. o. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2014.08.006>.

- LEÓN, C.–MACHADO, C.–SARMIENTO, M. [2016]: Identifying central bank liquidity super-spreaders in interbank funds networks. *Journal of Financial Stability*, megjelenés alatt, <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2016.10.008>.
- LIP, S. Z. [2011]: A fast algorithm for the discrete core/periphery bipartitioning Problem. arXiv:1102.5511.
- LUBLÓY ÁGNES [2005]: Dominóhatás a magyar bankközi piacon. *Közgazdasági Szemle*, 52. évf. 4. sz. 377–401. o.
- LUX, T. [2015]: Emergence of a core-periphery structure in a simple dynamic model of the interbank market. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 52. A11–A23. o. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2014.09.038>.
- RAVASZ ERZSÉBET–BARABÁSI ALBERT-LÁSZLÓ [2003]: Hierarchical organization in complex networks. *Physical Review, E*, Vol. 67. No. 2. <https://doi.org/10.1103/physreve.67.026112>.
- VELD, D.–LEIJ, M.–HOMMES, C. [2014]: The formation of a core periphery structure in heterogeneous financial networks. Tinbergen University Discussion Paper, No. 098/II.

Kedves Szerzőink!

Az MTA Könyvtár és Információs Központtal együttműködve cikkeinket ellátjuk a CrossRef-nél regisztrált DOI-azonosítóval. Ezért kérjük, hogy a *Hivatkozásokban* tüntessék fel a művek DOI-azonosítóját (természetesen sokszor előfordul, hogy nincs ilyen. A DOI a következő linkre kattintva kereshető meg: <http://search.crossref.org>).

Például:

BOLDRIN, M.–MONTES, A. [2005]: The intergenerational state: Education and pensions. *Review of Economic Studies*, Vol. 72. No. 3. 651–664. o.

A hivatkozott tételt bemásoljuk a keresőmezőbe, a találati listából pedig kiválasztjuk a megfelelő tételnél lévő hivatkozást, és beszurjuk a hivatkozás végére: BOLDRIN, M.–MONTES, A. [2005]: The intergenerational state. Education and pensions. *Review of Economic Studies* Vol. 72. No. 3. 651–664. o. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-937x.2005.00346.x>.

Ne feledkezzenek meg a beszúrt hivatkozás hiperhivatkozásként való megjelöléséről a kéziratban!

A CrossRef-nél regisztrált DOI növeli a cikkek láthatóságát, könnyíti az adott, kapott hivatkozások összesámlálását!